ICS 21.200
J 17

JB

中华人民共和国机械行业标准

JB/T 9171—1999

齿轮火焰及感应淬火工艺及其质量控制

Gear flame or induction hardening process and its quality control

1999-06-24 发布　　2000-01-01 实施

国家机械工业局　发布

前　言

本标准是对 ZB/T J17 004—90《齿轮火焰及感应淬火工艺及其质量控制》的修订。

本标准自实施之日起代替 ZB/T J17 004—90。

本标准的附录 A 是提示的附录。

本标准由全国齿轮标准化技术委员会提出并归口。

本标准负责起草单位：郑州机械研究所。

本标准主要起草人：李耀珍、陈国民、杨星原。

中华人民共和国机械行业标准

齿轮火焰及感应淬火工艺及其质量控制

JB/T 9171—1999

代替ZB/T J17 004—90

Gear flame or induction hardening process and its quality control

1 范围

本标准规定了齿轮火焰及感应淬火（高频、超音频、中频）的有关术语、材料选择、使用设备、工艺及质量检验。

本标准适用于中碳碳素结构钢和合金结构钢以及低淬透性钢等材料制造的齿轮火焰及感应淬火的工艺及其质量控制。

2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 230—1991　金属洛氏硬度试验方法

GB/T 699—1988　优质碳素结构钢　技术条件

GB/T 3077—1988　合金结构钢　技术条件

GB/T 4340—1984　金属维氏硬度试验方法

GB/T 4341—1984　金属肖氏硬度试验方法

GB/T 5617—1995　钢的感应淬火或火焰淬火后有效硬化层深度的测定

GB/T 8539—1987　齿轮材料及热处理质量检验的一般规定

GB/T 9175—1985　环境电磁波卫生标准

JB/T 4393—1987　聚乙烯醇合成淬火剂技术条件

JB/T 9200—1999　钢铁件的火焰淬火回火处理

JB/T 9201—1999　钢铁件的感应淬火回火处理

JB/T 9204—1999　钢铁件感应淬火金相检验

YB/T 2009—1981　低淬透性含钛优质碳素结构钢

YB/T 5148—1993　金属平均晶粒度测定方法

3 术语

本标准采用下列定义。

3.1 齿面硬度

成品齿轮轮齿工作高度中间部位的齿面硬度。

国家机械工业局 1999-06-24 批准　　2000-01-01 实施

3.2 齿槽底面硬度

成品齿轮齿宽中部齿槽底面部位的表面硬度。

3.3 有效淬硬层深度

齿轮经火焰或感应淬火，并经回火后，于齿宽中部轮齿法截面上，在齿高中部沿垂直于齿面方向（全齿硬化除外），自表面测至极限硬度值处的深度。极限硬度值：

$$HV=0.8\ HV_{MS} \quad \cdots\cdots (1)$$

式中：HV——极限硬度；

HV_{MS}——设计要求的最低表面硬度。

3.4 淬硬层分布

齿轮经火焰或感应淬火后，于齿宽中部轮齿法截面上，轮齿与其齿槽底面所呈现出的淬硬层分布形式。

4 齿轮材料

4.1 冶金质量

4.1.1 化学成分、低倍和高倍组织、非金属夹杂物应符合 GB/T 3077、GB/T 699、YB/T 2009 的规定。

4.1.2 合金结构钢应采用细晶粒钢，按 GB/T 6394 评定，晶粒度应为 5~8 级。

4.1.3 对大模数及重要齿轮，其毛坯应切除钢锭头尾部，以免除缩孔及不允许的偏析。

4.1.4 力学性能指标不得低于 GB/T 3077、GB/T 699 及 YB/T 2009 的规定值。

4.1.5 对有特殊要求的齿轮，按用户与制造厂双方协议规定执行。

4.2 锻坯质量与力学性能

4.2.1 对承载能力高的齿轮，用钢锭锻成齿坯，锻造比应符合 GB/T 8539 规定。

4.2.2 齿坯流线应尽量沿轮齿齿廓分布。

4.2.3 齿坯不得过热、过烧，其晶粒度不得低于原材料晶粒度。

4.2.4 齿坯力学性能试样的取样部位、数量、性能指标按各行业标准规定。

4.3 火焰及感应淬火齿轮常用材料

碳素结构钢：45，55，ZG310-570，ZG340-640。

合金结构钢：40Cr，35CrMo，42CrMo，42MnMoV，37SiMnMoV，40CrNiMo，32CrMnMo，ZG35CrMo，ZG35CrMnSi，ZG40Mn。

低淬透性钢：55Ti，60Ti，70Ti。

渗碳、碳氮共渗后再进行感应淬火的齿轮材料：20，20Cr，20CrMnTi，20CrMnMo。

其他性能相当或较好的材料。

5 设备要求

所选用的设备应能保证齿轮达到图样规定的硬度，有效淬硬层深度及淬硬层分布等技术要求。

5.1 火焰淬火设备

5.1.1 供气装置

a）燃烧气体（乙炔、天然气等）供给装置必须有输出控制装置、压力计和安全阀，在对稳定状态下输出燃烧气体的压力控制在 0.09~0.11 MPa 范围内。

b）氧气瓶和氧气汇流排，应装压力计和减压阀，在稳定状态下输出氧气压力应符合 JB/T 9200 的规定

c）采用氧乙炔焰时，乙炔与氧气的体积比为 1∶1.1~1∶1.5。

5.1.2 喷嘴和喷枪

喷嘴的设计及制造质量应能满足齿轮加热淬火要求。

a）喷嘴的结构形式视淬火方法而定，要考虑火孔直径、数量及排数和水孔直径、倾斜角度及排数。当齿轮旋转加热时，设定两个或多个固定火焰喷嘴；单齿沿齿槽加热淬火喷嘴，尽量仿形，在齿根部火孔数量要多些，火孔位置要低于齿顶 3~5 mm。

对于淬裂倾向较大的合金钢可采用三室喷嘴，在火孔与水孔之间加压缩空气孔，以实现预冷淬火

b）喷嘴的火孔直径一般为 0.3~0.6 mm，水孔直径为 1.0~1.5 mm，二者的行间距离一般为 10~18 mm，水孔中心线与火孔中心线夹角呈 12°~30°。在火孔与水孔之间应设置挡水板，以免回火。

c）注意喷枪的保养，以防阻塞和爆炸。

5.1.3 淬火机床

根据齿轮的尺寸、模数和要求的淬硬层深度，适当选择一次式淬火机床或移动式淬火机床或齿轮专用淬火机床，其淬火机床应符合表 1 所示的精度值。

表 1

机床检验项目 mm	精　　度
主轴锥孔径向圆跳动[1] mm	0.3
回转工作台面的跳动[2] mm	0.3
顶尖连线时滑板移动的平行度 mm	0.3
工件进给速度变化量[3] mm/s	±5%

1）将检验棒插入主轴锥孔，在距主轴端面 300 mm 处测量。

2）装上直径大于 300 mm 的圆盘，在半径 150 mm 处测量。

3）测量工作行程 300 mm 的平均速度。

5.2 感应加热淬火设备

5.2.1 感应加热电源设备

a）根据齿轮模数、淬硬层深度选择适当频率的感应加热设备。

一般推荐高频（GP）适用于处理模数 4 mm 以下、淬硬层深度 1.0~1.5 mm 的齿轮。模数 6 mm 以上的齿轮可用高频单齿淬火。

超音频（CYP）适用于处理模数 2~5 mm、淬硬层深度 2~5 mm 的齿轮。

中频 { 变频机（BPS）
半导体变频装置（KGPS） } 适用于处理模数 6 mm 以上、淬硬层深度 3~8 mm 的齿轮。

b）感应加热设备在正常工作条件下，必须按加热要求输出适当的功率，在输入端和输出端应有控制装置；电压变动量控制在±2.5%或输出功率变动量控制在±5%的范围内。

c）为克服由于网路电压变化引起的感应加热电参数波动，最好配置稳压装置。

d）设备应配有加热延时及冷却限时装置。

e）高频电磁辐射职业暴露应符合 GB/T 9175 的规定，噪声限制值不大于 85 dB。

5.2.2 感应器结构

感应器的结构应设计合理，加工精确，以满足齿轮质量要求。

a）齿轮旋转加热淬火感应器均为圈式结构。对于外齿轮、内齿轮、锥齿轮、双联及多联齿轮均应考虑感应器高度、内径、外径及合理的截面。

b）单齿同时加热感应器，其加热部分长度一般比齿宽短 3~5 mm，以防轮齿的两端面过热，对锥齿轮应考虑到感应器与大端、小端与齿面的距离。

c）单齿连续加热淬火感应器的喷液孔位置，对于模数 5~10 mm 齿轮，喷液孔应低于齿顶 1.5~2 mm，对模数为 10 mm 以上的齿轮，喷液孔则应高于齿顶 1.5~2 mm。

d）单齿沿齿槽加热淬火感应器的结构，根据齿轮模数及齿形设计成Π形和V形等不同形式。

e）导磁体的材料根据设备频率选用。高频导磁材料可采用铁氧体，中频导磁材料可采用硅钢片或铁氧体或中频导磁体。

5.2.3 淬火机床

根据齿轮模数、尺寸，可设置适当的一次加热式淬火机床和连续式加热淬火机床，或齿轮专用淬火机床，机床不允许有爬行现象，淬火机床精度同表 1。

5.3 温度测试

火焰或感应加热时，用调节工艺参数来控制温度。若配有测量装置，其测温精度应能控制在±15 ℃以内。

5.4 淬火介质及冷却装置

5.4.1 淬火介质的种类，根据齿轮材料、尺寸、形状不同，可选用水、油、聚合物水溶液、油的乳化液、压缩空气等。

5.4.2 浸冷时，冷却槽应有足够容量以及将淬火介质保持在表 2 所列的温度范围。

表 2　　℃

淬火介质	水	油	聚乙烯醇水溶液[1]
温度范围	10~35	40~80	10~40
1）使用浓度 0.1%~0.3%。见 JB/T 4393、JB/T 9201。			

5.4.3 喷冷时，冷却剂的数量及压力要保持稳定，并能调节。

5.4.4 冷却装置必须可靠，不得有堵孔现象。

5.4.5 淬火介质的成分、浓度要配制合适，以保持足够的冷却能力，应定期检验，并符合有关规定

5.5 回火设备

5.5.1 齿轮可在有空气循环的电炉或盐浴、油浴中进行回火。回火设备有效加热区的温度均匀性，应按表 3 所示的允许温度偏差进行调节与控制。当功率和温度控制较稳定时，也允许用中频或高频电流感应加热回火。

表 3 ℃

所需温度范围	≤400	>400
允许温度偏差	±10	±15

5.5.2 应配有显示温度的自动记录装置，热电偶应定期校对，保持规定的精度。

6 火焰或感应淬火齿轮预备处理

6.1 齿面的表面粗糙度、齿端倒角、齿根过渡曲面均应符合技术条件。

6.2 轮齿工作面上不允许有砂眼、缩孔等缺陷，其他部位可进行焊补等补救措施，并按 GB/T 8539 规定检验。

6.3 应去除齿轮表面的毛刺、污垢、锈斑、铁屑以及其他杂物。

6.4 对于预切齿后调质或淬火后需精加工的齿轮，应留有加工余量。要保证精加工后有效硬化层达到图样要求。

6.5 合金结构钢预先应经调质处理，得到索氏体组织，40Cr 也可进行正火处理，处理后的硬度和金相组织应符合技术条件。

6.6 碳素结构钢预先经调质、正火或正火加回火处理，以得到细珠光体与铁素体组织，其硬度和金相组织应符合技术条件。

6.7 合金结构钢和碳素结构钢可采用锻造余热进行正火或调质，其硬度和组织应符合技术条件。

7 齿轮火焰及感应淬火工艺规程

根据齿轮的模数、形状和尺寸选择以下的淬火方式。

a）齿轮旋转一次淬火法；

b）齿轮旋转（或不旋转）连续淬火法；

c）单齿沿齿面淬火法；

d）单齿沿齿槽淬火法。

7.1 火焰淬火工艺规程

7.1.1 设计和选择喷嘴的结构，选定淬火喷枪规格、型号与数量。

7.1.2 齿轮与喷嘴、冷却水嘴要保证正确的相对位置。

7.1.3 齿轮旋转淬火时，喷嘴与齿轮齿顶间隙为 3~5 mm，单齿沿齿槽加热淬火时，喷嘴与齿面间隙为 5~8 mm。

7.1.4 火焰加热时，燃烧气的压力、氧气压力同 5.1.1，冷却水压力为 0.2~0.4 MPa，连续淬火喷嘴移动速度为 1.2~4.2 mm/s。

7.1.5 加热温度一般为 840~900℃，以淬硬层的显微组织来确定最佳淬火温度，应避免齿顶过热及齿根加热不足。

7.1.6 碳钢采用水、聚合物水溶液喷冷或浸冷；合金钢采用聚合物水溶液、乳化液、压缩空气喷冷或聚合物水溶液、油浸冷。

7.2 感应淬火工艺规程

7.2.1 设计或选用感应器，保证在各种淬火方法下，感应器与齿轮或轮齿之间有合理的间隙值。

7.2.2 电压、电流、电功率等电参数的选择要匹配，并根据试淬结果调整各参数。

7.2.3 加热温度同 7.1.5。

7.2.4 加热时间应根据模数、淬硬层深度要求、设备功率及加热形式确定。

7.2.5 齿轮与感应器的相对移动速度与感应器高度、加热时间的关系见式（2）：

$$v = \frac{h}{t} \quad \cdots\cdots (2)$$

式中：v ——齿轮对感应器相对移动速度，一般为 2~9 mm/s；

h ——感应器高度，mm；

t ——加热时间，s。

7.2.6 对复杂易变形齿轮最好进行预热，单齿加热淬火时，可采用隔齿加热以利减小变形和开裂倾向。

7.2.7 冷却方式

淬火介质种类同 5.4.1。

a）当旋转加热淬火时，齿轮在淬火介质中旋转速度不得大于 30 r/min，或外圆线速度小于 500 mm/s。

b）当沿齿槽加热淬火时，必须对轮齿的两外侧齿面施以旁冷，以免已淬火轮齿齿面超过回火温度。

7.3 回火

为防齿轮淬火开裂及使齿轮的尺寸稳定，应进行回火工序。

7.3.1 回火可采用空气炉、浴炉及感应回火，对大齿轮也可采用自行回火。

7.3.2 回火温度可根据齿轮材料、硬度要求确定。参见附录 A（提示的附录）。

7.3.3 回火时间通常在齿轮透烧后保温不少于 1.5~2 h。

7.3.4 淬火到回火的时间间隔一般不得超过 4 h，合金钢淬火后应立即回火。

7.3.5 对有回火脆性倾向的材料应有快冷措施。

8 齿轮火焰或感应淬火质量控制和检验方法

8.1 外观

齿轮火焰或感应淬火后，经目测，不得有裂纹、烧伤、剥落等缺陷，齿部不得有碰伤。

8.2 齿面硬度

8.2.1 对批量生产齿轮，每批抽检 3 件（首件、末件及中间抽件）检验硬度。

8.2.2 对齿轮旋转一次淬火的齿轮，在相隔约 120° 的三个轮齿上，于齿高中部齿面各测 1~3 点，也可用洛氏硬度计测定齿顶硬度。检测处的表面粗糙度 R_a 应小于 3.2 μm。

8.2.3 对单齿淬火大模数齿轮，可用肖氏硬度计或用其他硬度计测量轮齿分度圆附近的齿面硬度。

8.2.4 对模数小于 2 mm 或无法使用硬度计测量的齿轮，可用标准锉刀或其他方法检验。

8.2.5 所测的硬度值不取平均值，其最低硬度亦应符合图样要求。表面硬度的偏差不允许超过表 4 及表 5 的容许值。按 GB/T 230、GB/T 4341 规定测定。

表 4 HRC

洛氏硬度	表面硬度偏差值	
	同一件	同一批
>60	4	5
≥50~60	4.5	5.5
≥40~50	5	6

表 5 HSC

肖氏硬度	表面硬度偏差值	
	同一件	同一批
>80	8	10
≥67~80	6	8
≥55~67		

8.2.6 当硬度不符合图样要求时，应根据具体情况进行返修，在淬火前必须经正火或高温回火处理，为防止产生氧化皮和减少变形也可采用感应正火，返修次数不得超过两次。

8.2.7 当齿宽小于 150 mm 时，有效齿宽硬度区为齿宽的 80%，并对称分布于齿的两端；当齿宽大于或等于 150 mm 时，有效齿宽硬度区按设计要求规定。

8.3 齿槽底面硬度

按各行业有关标准或图样要求检验。

8.4 有效淬硬层深度

有效淬硬层深度测定方法按 GB/T 5617 规定进行，测定结果应符合图样要求，同一件齿轮的有效淬硬层深度偏差值应控制在技术条件要求中值的±20%范围内，重要齿轮偏差值控制在技术条件要求中值的±15%范围内。

8.5 淬硬层分布

批量生产时，每批抽检 1 件；单件生产时，若有要求，可用齿形试块进行检验。

8.5.1 沿齿廓分布的淬硬层，其齿槽底面以下不同深度的硬度分布，应能达到技术条件要求。

8.5.2 当淬硬层恰好结束于齿根过渡曲面处，应进行返修或判废。

8.6 金相检验

批量生产时，每批抽检 1 件，对大模数齿轮及齿轮轴可检查试块，并经磨制、抛光、腐蚀后用金相显微镜观察。

8.6.1 晶粒度按 YB/T 5148 测定，5~8 级为合格，或按各行业技术要求评定。

8.6.2 金相组织按 JB/T 9204 评定，根据各行业技术要求确定合格范围。

8.6.3 心部组织按各行业技术要求评定。

8.7 裂纹检验

火焰或感应淬火后应 100% 进行裂纹检验，表面不允许有裂纹。当目测无法确定时，可采用磁粉探伤、荧光检验、着色检验及其他方法检验。

8.8 变形检验

8.8.1 齿轮的变形量应控制在产品图样或技术条件要求范围内。

8.8.2 批量生产时，每批抽检 3 件，按产品图样或技术条件检验。

8.8.3 单件生产的齿轮应定期抽验。

9 报告单

报告单应包括下列内容：

a）齿轮件号、材料、外径、内径、模数、技术要求；

b）质量检验结果；

c）数量及重量；

d）操作者、检验者的姓名或代号；

e）处理日期。

附 录 A

（提示的附录）

常用钢材回火温度与硬度的关系

表 A1 常用钢材回火温度与硬度的关系 ℃

<table>
<tr><th>钢号 \ HRC</th><th>30~35</th><th>≥35~40</th><th>≥40~45</th><th>≥45~50</th><th>≥50~55</th><th>≥55~60</th><th>>60</th></tr>
<tr><td>45</td><td>480</td><td>420</td><td>350</td><td>300</td><td>180</td><td rowspan="13">—</td><td rowspan="13">—</td></tr>
<tr><td>ZG310–570</td><td rowspan="12">—</td><td rowspan="2">—</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td></tr>
<tr><td>ZG340–640</td><td>390</td><td rowspan="2">300</td><td rowspan="3">180</td></tr>
<tr><td>40Cr</td><td>450</td><td>360</td></tr>
<tr><td>35SiMn</td><td>460</td><td>410</td><td>310</td></tr>
<tr><td>35CrMnSi</td><td>480</td><td>420</td><td rowspan="2">320</td><td rowspan="2">200</td></tr>
<tr><td>42CrMo</td><td>490</td><td>430</td></tr>
<tr><td>37SiMnMoV</td><td rowspan="3">—</td><td rowspan="2">450</td><td rowspan="2">380</td><td rowspan="2">250</td></tr>
<tr><td>38CrSiMnMo</td></tr>
<tr><td>20Cr</td><td rowspan="3">—</td><td rowspan="3">—</td><td rowspan="3">—</td><td>220</td><td>180</td></tr>
<tr><td>20CrMnTi</td><td>—</td><td>—</td></tr>
<tr><td>20CrMnMo</td><td>250</td><td>200</td></tr>
</table>